

Untersuchungen
über den Blutrückstrom an der
unteren Extremität

von

HELMUT LEU

Aus der Poliklinik der Universität München
Direktor : Professor Dr. Seitz

Untersuchungen über den Blutrückstrom
an der unteren Extremität

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde,
verfaßt und einer hohen Medizinischen Fakultät der
Ludwig - Maximilian - Universität zu München.

vorgelegt von

Helmut L e u

aus München



München 1959

5349/60

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Referent: Professor Dr. Seitz

Dekan: Professor Dr. H. Schwiegk

Tag der mündlichen Prüfung: 15. Oktober 1959

U N T E R S U C H U N G E N

Ü B E R D E N

B L U T R Ü C K S T R O M

A N D E R

U N T E R E N E X T R E M I T Ä T



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555215_0052

Zur Therapie venöser Blutrückstromstauungen in der unteren Extremität, werden Substanzen empfohlen, die auf Venen tonisierend wirken und auf diesem Weg den Rückfluß günstig beeinflussen sollen.

Dies wird unter anderem von dem Roßkastanien-Extrakt *Venostasin* behauptet. Klinische Untersuchungen zu dieser Frage fehlen jedoch bis heute - und es ist Aufgabe der vorliegenden Arbeit, eine Methode zu entwickeln, mit der es möglich ist, den venösen Rückstrom und seine Beeinflussung durch das Medikament Venostasin quantitativ oder wenigstens qualitativ zu erfassen.

In der medizinischen Poliklinik beschäftigt sich seit Jahren eine Arbeitsgruppe mit der venenstauungsplethysmographischen Bestimmung des Blutstromzeitvolumens in der Wade. Das Prinzip beruht kurz darauf, daß das Volumen der Wade während einer, mehrere Sekunden anhaltenden venösen Stauung am Oberschenkel entsprechend der eingeströmten und gestauten Blutmenge zunimmt. Erfast man die Gliedvolumenzunahme in der Zeiteinheit, dann kann man durchaus das Blutstromvolumen in der Zeiteinheit qualitativ errechnen. Umgekehrt müßte es möglich sein, den Rückstrom des Blutes aus einer venös gestauten Extremität ebenfalls in gleicher Weise zu erfassen und damit das rückfließende Blutstromzeitvolumen zu berechnen. Auf dieser Überlegung basiert die in dieser Arbeit entwickelte Methode.

Da von Rückstrommessungen am stehenden Patienten bei Erkrankung des venösen Systems eher Unterschiede gegenüber Gesunden zu erwarten sind, als bei Messungen in horizontaler Lage, wurde von vornherein versucht, den Rückstrom in dieser Stellung zu bestimmen.

Gerät zur Bestimmung des Blutrückstromes aus der gestauten unteren Extremität

Das Gerät basiert auf den Prinzipien eines wassertragenden Plethysmographen und setzt sich aus einem Wasserbehälter, einem Kymographen, einer Luftvorratsflasche und einem Druckluftspeicher, weiterhin aus einer Staumanschette und einer Stopuhr zusammen. Die einzelnen Teile werden im folgenden detailliert beschrieben.

Der Plethysmograph

Der Plethysmograph besteht aus einem Blechgefäß, das die Form eines Schaftstiefels hat. Er ist aus Weißblech angefertigt. Seine Höhe ist derart bemessen, daß er auch großen Probanden bis unmittelbar unter das Knie reicht. Der lichte Durchmesser muß so klein wie möglich gehalten werden, darf aber das Einsteigen in den Meßstiefel nicht behindern. Für kleinere Patienten können entsprechende Metalleinlagen in den Boden des Stiefels eingelegt werden. Am oberen Rande des Meßstiefels befindet sich ein kräftiger Eisenflansch, auf den mit acht Flügelschrauben ein ebenso großer Eisenring als Preßring aufgeschraubt werden kann. Zwischen den beiden Ringen findet eine acht Millimeter starke Gummiplatte Platz, die in Verbindung mit einem Gummistrumpf (siehe später) das Innere des Stiefels gegen außen hermetisch abschließt.

In unmittelbarer Nähe des Flansches befindet sich das Wassereinfüllrohr, welches den Stiefel selbst um vier Centimeter überragt. Ein Thermometer kontrolliert die Wassertemperatur, die stets bei 32 Grad Celsius gehalten wird. Seitlich ist ein Glasrohr angebracht, das beim Einfüllen eine Kontrolle des Wasserstandes ermöglicht.

Nach abgeschlossener Füllung dient das Wassereinfüllrohr als Anschlußstutzen für den Übertragungsschlauch zum Kymographion.

Um die in den Stiefel eingeführte Extremität zu schützen und um andererseits einen sicheren Abschluß des wasser-gefüllten Stiefels bei Ansteigen der Wasseroberfläche zu erreichen, wird zwischen die beiden Preßringe eine - wie schon erwähnt - acht Millimeter starke Gummiplatte gepreßt, die in der Mitte eine Öffnung aufweist, die sich nach der Größe der zu messenden Extremität richtet. Von der Mittelloffnung aus verlaufen radiäre Schnitte nach außen, die ein leichteres Ein- und Aussteigen ermöglichen. Außerdem gewährleisten die radiären Schnitte ein weiches Anschmiegen der Gummiplatte an die menschliche Wade, ohne selbst eine Stauung hervorzurufen.

An die Unterseite der Platte ist ein aus dünnem Paragummi gefertigter Strumpf angeklebt. Dieser muß sich in seiner Länge nach der zu messenden Extremität richten. Er darf nicht zu eng anliegen, damit er selbst keine Stauung hervorruft, soll sich aber ohne Luftblasenbildung eng am Bein anschließen.

Füllt man bei eingeführtem Bein den Meßstiefel mit Wasser, so preßt dieses den Gummistrumpf, von unten her beginnend, an das Bein und die zwischen Bein und Strumpf befindliche Luft entweicht nach oben.

Um die bei der Füllung überschüssig werdende Luft zwischen Gummistrumpf und Blechwand entweichen zu lassen, befindet sich in der Abdeckplatte ein Ventil, das bis zur endgültigen Füllung offen bleibt und erst geschlossen wird, wenn das Wasser am oberen Ende des Ventils ausläuft. Auf diese Weise wird eine blasenfreie Füllung des Meßstiefels erreicht.

Um ein Heben der Gummiabdeckplatte bei voller Auffüllung des Stiefels und zunehmendem Volumen des der Prüfung ausgesetzten Unterschenkels - infolge Stauung - zu vermeiden, ist eine irisartige Blende über der Gummiplatte angebracht. Sie ist an den Flügelmuttern, die den Preßring halten, befestigt. Die Irisblende kann in ihrer Öffnungsweite dem menschlichen Bein angepaßt werden.

Am Einfüllstutzen läßt sich der Wasserstand genau kontrollieren und ausgleichen.

Das Registriergerät

Es setzt sich ursprünglich aus dem selbstgefertigten Schwimmgehäuse und einem Kymographion älterer Bauart zusammen, bei dem sich die Aufzeichentrommel um eine vertikale Achse drehte. Wegen der in Verbindung mit dem Schwimmergehäuse bei diesem Aufzeichengerät auftretenden positiven und negativen Momente in Bezug auf die Schwimbernadel und der daraus resultierenden Aufzeichnungsfehler, mußten wir auf ein moderneres Aufzeichengerät mit waagrecht liegender Trommel zurückgreifen, das bessere Ergebnisse lieferte, die zudem mit einer automatischen Zeitmarkierung versehen waren.

Das Schwimmergehäuse ist aus Kupferblech geschnitten und gelötet. An einer Seitenwand ist, um eine Achse drehbar, der Schwimmer mit Übertragungsdraht befestigt. Ein aus dünnem Blech zurechtgeschnittener und gelöteter Schwimmer erwies sich als unbrauchbar. Dagegen erfüllte ein Schwimmer aus einem alten Automobilvergaser alle Anforderungen. Der Deckel wurde abgelötet und der Schwimmer mit seiner Öffnung nach unten am Gelenk des Wasserbehälters befestigt. Eine am Schwimmer angelötete Anzeigenadel trägt die ebenfalls selbst gefertigte Schreibfeder und - auf ihrem entgegengesetzten Ende - ein verschiebliches Ausgleichgewicht zum Austarieren der schwingenden Teile.

In das Wassergefäß führt von unten her kommend ein Kupferrohr, das im Inneren des Gefäßes nach oben ziehend in der nach unten zeigenden Öffnung des Schwimmerhäubchens endet. Verschließt man das Kupferrohr und schüttet Wasser in den Behälter, so hebt sich der Schwimmer mit steigendem Wasserspiegel. Öffnet man das Rohr, so entweicht die Luft daraus und der Schwimmer sinkt nach unten. Führt man mittels einer Rekordspritze Luft ein, so hebt sich der Schwimmer wieder. Letzteres ist zur Eichung des Gerätes nötig.

Mit dem angegebenen Schwimmersystem steuern wir den Aufzeichnenmechanismus eines Kymographions, das in Verbindung mit einer automatischen Zeitanzeige die Kurvenbilder liefert.

Die Eichung des Schwimmergerätes vollzieht sich folgendermaßen: Man bringt durch Veränderung des Luftinhaltes die Anzeigenadel in Nullstellung, anschließend spritzt man mittels einer Rekordspritze wiederholt fünf Kubikcentimeter bzw. zehn Kubikcentimeter Luft ein und dreht diese wieder ab. Die hierdurch auf dem Registrierpapier aufgezeigten Kurven bilden die Grundlage für die Auswertung der Versuchsreihe an den Probanden.

Stauvorrichtung

Sie hat die Aufgabe, den Kreislauf in der zu messenden Extremität den Versuchsbedingungen entsprechend zu stauen und setzt sich aus der eigentlichen Staumanchette, der Luftvorratsflasche, dem Luftdruckausgleichsbehälter und einem Manometer zusammen.

Ursprünglich füllten wir die Manchette unmittelbar aus der Luftvorratsflasche, indem wir das Reduzierventil aufdrehten und ungefähr bei Erreichen des notwendigen Staudruckes wieder zuschraubten. Mittels einer Regulierschraube konnte dann nach einigem Hin und Her der notwendige Druck in der Manchette einreguliert werden.

Dieses Verfahren war zu ungenau, denn es kommt darauf an, in möglichst gleichbleibender Zeit die entsprechende Luftmenge in die Manchette zu bringen. Die Kurvenschaubilder sind sonst nicht miteinander vergleichbar. Diese Forderung wird durch Einschalten eines Luftdruckausgleichbehälters erfüllt, der die Aufgabe hat, ein stets gleichbleibendes Einströmen der Luft in die Manchette zu gewährleisten. Ein alter 20 ltr. Benzinkanister wurde luftdicht verschlossen. An seinem Einfüllstutzen wurden zwei Kupferrohre hart eingelötet. Nun schlossen wir den Kanister über einen Dreiweghahn an die Pressluftflasche an und verbanden ihn über ein Manometer mit der Manchette. Der Druckausgleichbehälter wird gefüllt bis zu einem Druck von 124 mm Hg-Säule. Anschließend wird mittels einer Klemme die Druckluftflasche abgetrennt. Durch eine schnelle Drehung des Dreiweghahns kann die Luft aus dem Kanister in die Manchette überströmen. Infolge des Druckausgleiches in dem gesamten - nun größeren System - fällt der ursprünglich im Kanister vorhandene Druck von 124 mm Hg- auf 110 mm Hg ab, ein Druck, der, wie unsere Versuche zeigten, beim stehenden Patienten nötig ist, um eine ausreichende Rückstauung zu erreichen. Nach beendeter Stauung wird durch eine rasche Drehung am Dreiweghahn die Luft aus der Staumanchette gelassen und der Kanister neu auf 124 mm Hg-Säule Druck gefüllt. Danach kann ein weiterer Versuch beginnen.

Vorbereitung des Gerätes zur Messung

Der Patient muß in den Gummistrumpf steigen. Vorsichtig, um Verletzungen des Strumpfes zu vermeiden, wird das Bein des Patienten in den Stiefel eingeführt und dieser verschlossen. Anschließend wird die Anzeigenadel des Kymographions auf Null eingestellt und mit Hilfe einer Rekordspritze - wie oben beschrieben - geeicht.

Der Patient selbst muß bei der gesamten Meßarbeit möglichst unverändert stehen. Anfangs ließen wir den Patienten auf beiden Beinen stehen, so daß das Körpergewicht gleichmäßig auf beide Beine verteilt war. Es stellte sich jedoch heraus, daß der Proband sein Gewicht nur allzu leicht wechselweise auf den einen und anderen Fuß verteilte, so daß infolge des veränderten Gewebstonus und des veränderten Volumens die Messung unauswertbar wurde.

Ein Versuch, den Meßfuß zu entlasten, schlug fehl, weil der Proband, anstatt seine Muskulatur zu entspannen, unmittelbar beim Einströmen von Luft in die Staumanchette infolge des durch sie auf den Oberschenkel ausgeübten Druckes nicht nur die Oberschenkelmuskulatur sondern auch diejenige des Unterschenkels anspannte.

Schließlich ließen wir den Probanden das zu messende Bein allein belasten indem wir das andere Bein auf eine erhöhte Unterlage stellten. Auf diese Weise kann größtmögliche Ruhe während der Messungen erzielt werden.

Die Staumanchette wird unmittelbar über dem Knie angelegt und mit einer elastischen Binde fixiert.

Messtiefel und Schwimmergehäuse werden mit einem kurzen Schlauch verbunden, so daß die bei der Stauung steigende Wassersäule im Stiefeleinfüllstutzen die Luftsäule über ihr verdrängt und den Schwimmer in Bewegung setzt.

Soweit die Vorbereitungen. Vor der Verabreichung von Venostasin werden mehrere Meßversuche durchgeführt. Nach intravenöser Injektion von Venostasin (5 ccm) werden in bestimmten Abständen weitere Versuche unternommen.

Meßvorgang

Sobald der Patient ruhig gestellt und die Eichung beendet ist, kann mit den Meßversuchen begonnen werden. Wir

füllen zuerst den Druckluftspeicher mit der entsprechenden Menge Luft aus der Luftvorratsflasche, dann wird der Zugang von der Flasche zu dem Behälter mit einer Klemme abgeklemmt. Durch schnelle Drehung des Dreiwegehahns kann die Luft in die Staumanchette strömen und die Stauung beginnen. Nach 15 Sekunden wird durch eine weitere Drehung des Dreiwegehahns der Luftvorratsbehälter geschlossen und ein Entweichen der Luft aus der Manchette ermöglicht. Die Stauung ist damit beendet und der Rückfluß der eingestauten Flüssigkeit aus der Extremität beginnt.

Nach einer weiteren halben Minute ist der Rückfluß aus der Extremität im allgemeinen beendet, d.h. die Hauptmasse des gestauten Blutes aus dem Unterschenkel entwichen. Während das Kymographion weiter läuft, wird der Luftvorratsbehälter neu gefüllt und der nächste Meßvorgang beginnt.

Messungen werden im allgemeinen alle eineinhalb Minuten durchgeführt. Sie werden durch Nacheichung und Neueinstellung der Meßapparatur unterbrochen. Die Gesamtversuchszeit dauert jeweils zwischen zwei und drei Stunden. Während der Messungen muß der Wasserstand im Gerät dauernd kontrolliert werden. Überschüssiges Wasser muß man ablassen, denn es stellt sich heraus, daß zumindest am Anfang nach nahezu jeder Messung in der belasteten Extremität ein gewisser Rest von Flüssigkeit zurückbleibt.

Ergebnisse

Insgesamt wurden 255 Versuche durchgeführt. Davon konnten 44 auf varicös erkrankte Probanden vor Venostasinverabreichung, 38 auf varicös erkrankte Probanden nach Venostasinverabreichung und der Rest auf gesunde Probanden verwendet werden.

Betrachten wir zunächst den Verlauf einer typischen Kurve: Bei A beginnt die Stauung. Die Füllung des Beines

nimmt langsam zu, bis bei B die Stauung gelöst wird. Hier beginnt der Rückstrom der gestauten Blutmenge. Er ist zum größten Teil bei C beendet. Auf der Strecke bis D findet noch ein geringer Restrückstrom statt. Nicht in allen Fällen jedoch fließt die gesamte eingeströmte überschüssige Blutmenge vollständig zurück, wenn der Proband steht. Ein kleiner Rest verbleibt meist in der Extremität. Möglicherweise handelt es sich hierbei um retinierte Flüssigkeit, die in den extravasalen Raum gekommen ist und die normalerweise durch die Muskulatur bei der Fußbewegung wieder in den Kreislauf zurückbefördert wird.

Die kleine Schwingung nach C ist auf das infolge seiner Wucht zu tief in das Wasser einfallende und langsam auspendelnde Schwimmersystem zurückzuführen. Wir sind der Ansicht, daß die Auspendelzeit durch entsprechende Maßnahmen verkürzt werden kann, z.B. durch ein weiteres Herabsetzen des Gewichts der schwingenden Teile.

Die Auswertung der Versuchsergebnisse erfolgte nach verschiedenen Gesichtspunkten, wie sie im folgenden näher erörtert sind:

Gegenüberstellung der Einstauungs- und Rückstromvolumina

Tabelle 1

	Einstauung ccm o.V.	Einstauung ccm m.V.	Rückstrom ccm o.V.	Rückstrom ccm m.V.	Rückstrom o.V. %	Rückstrom m.V. %	Differenz %
V 1	7,35	6,08	6,97	5,82	94,7	96,5	1,8
V 2	3,40	4,95	3,05	4,48	89	91	2
V 3	2,82	2,56	2,38	2,26	87,5	88,5	1
V 5	3,24	3,34	3,05	3,32	94,5	99	4,5
V 6	4,67	4,46	4,67	4,40	100	94,5	- 5,5
Mittel	4,30	4,28	4,02	4,05	93,1	93,9	0,8

(o.V. bedeutet vor Venostasininjektion, m.V. nach Venostasininjektion)

bis zum Grenzzustand, in dem die gleiche Menge ausgeschieden wird, die eingestaut wurde, zurückzuführen ist. Hierbei fällt auf, daß bei den Versuchsreihen sieben und acht, die die Verhältnisse an gesunden Probanden wiedergeben, in der ersten und zweiten Versuchshälfte eine jeweils völlige Rückbeförderung des eingestauten Blutes zu beobachten ist.

Im Folgenden werden nun die oben geschilderten Verhältnisse mit den Einstauungs- und Ausflußergebnissen nach Venostasinverabreichung verglichen. Der Einfachheit halber sei darauf hingewiesen, daß alle Versuche und deren Ergebnisse vor der Venostasinverabreichung mit o.V., diejenigen nach Venostasinverabreichung (jeweils wurden 5 ccm Venostasin i.v. gegeben) mit m.V. bezeichnet werden.

Gegenüberstellung der Versuchsergebnisse über die Einstauungsvolumina innerhalb der ersten und zweiten Hälfte der Versuchsreihen o.V. mit den entsprechenden Werten der Einstauungsvolumina m.V. sowie der entsprechenden Rückstromverhältnisse o.V. mit denjenigen m.V.

Bei der Einstauung handelt es sich um das Einstaublutvolumen in Kubikcentimeter je 15 Sekunden beim Rückstrom um die nach Stauungslösung zurückfließende Blutmenge innerhalb von 30 Sekunden, angegeben in ccm.

Die Bezeichnung V.1 usw. bezieht sich auf die einzelnen Versuchsreihen.

Tabelle 3

	Einstauung 1.Hälfte o.V. ccm	Einstauung 2.Hälfte o.V. ccm	Einstauung m.V. ccm	Rückstrom 1.Hälfte o.V. ccm = % vom Lin- stau	Rückstrom 2.Hälfte o.V. ccm = % vom Ein- stau	Rückstrom m.V. ccm = % vom Ein- stau
V.1	7,35	7,35	6,08	6,97=95	7,28=99	5,82=96
V.2	3,68	3,12	4,95	3,14=86	2,97=96	4,48=91
V.3	3,10	2,54	2,56	2,58=83	2,19=86	2,26=88
V.5	3,18	3,30	3,34	2,87=87	3,27=99	3,32=99
V.6	4,54	4,18	4,46	4,54=100	4,18=100	4,40=99
V.7	2,92	3,41		2,91=100	3,41=100	
V.8	4,18	1,39		4,18=100	1,39=100	
Mittel	4,13	3,61	4,28	3,97=94,5	3,50=98	4,06=95
Kranker	49,54	4,78	4,28	90	96	95
Gesunder	3,52	2,40		100	100	

Betrachtet man in Tabelle 3 die Einstaugrößen der drei Beobachtungsserien, so stellt man fest, daß in der zweiten Beobachtungshälfte o.V. weniger Blut eingestaut werden kann als in der ersten Hälfte o.V. Nach Venostasinverabreichung kann scheinbar etwas mehr Blut eingestaut werden als in der ersten Hälfte der Beobachtungen vor Venostasinverabreichung.

Gleichzeitig kann aber auch festgestellt werden, daß das Volumen des innerhalb der ersten 30 Sekunden nach Stauungslösung zurückfließenden Blutes sich im Verlauf einer Versuchsreihe entsprechend dem Obengesagten verändert. Nimmt nämlich im Verlauf der zweiten Hälfte der Versuche o.V. das Einstauvolumen ab, so bleibt gleichzeitig prozentual weniger Blut nach 30 Sekunden Ausflußzeit in der Extremität zurück. Hieraus ist zu schließen, daß nach genügender Füllung des Venenbettes und damit genügender Spannung der Gefäßwände eine Vermehrung der Residualflüssigkeit nicht

möglich ist, es sei denn durch erhöhten Druck, wie er durch die Stauung hervorgerufen wird. Löst man diese, so wird fast alles eingestaute Blut wieder zurückbefördert.

Es fällt auf, daß mit Venostasin mehr Blut in der Wade verbleibt, und zwar um etwa 2%. Ob allerdings diese Veränderung auf die oben angegebene vorhergegangene Tätigkeit der Beinmuskulatur oder auf die Einwirkung von Venostasin im Sinne einer Permeabilitätsveränderung zurückzuführen ist, oder ob die Streubreite des Untersuchungsgerätes Schuld an diesen Unterschieden trägt, konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht geklärt werden. Vergleicht man die Ergebnisse beim Kranken mit denjenigen beim Gesunden, so muß man feststellen, daß beim Gesunden fast immer das gesamte eingestaute Blut in wenigen Sekunden wieder zurückbefördert wird, nachdem die Stauung gelöst ist. Dies trifft auch auf das gesunde Bein eines einseitigen Varizenträgers zu. Beim Gesunden ist demnach der Tonus des Gewebes größer als beim Varizenkranken, obwohl die Aufnahmebereitschaft an Stau Blut etwa gleich groß sein dürfte.

Inwieweit sich nach Venostasininjektion die Rückflußgeschwindigkeit ändert, wird an Hand der folgenden Tabellen erörtert.

Ausflußgeschwindigkeit vor und nach Venostasinverabreichung und ihre Beziehung zum Einstauvolumen, errechnet aus den Ergebnissen der ersten Rückstromsekunde

Tabelle 4

Die Tabelle gibt das Ausflußzeitvolumen innerhalb der ersten Sekunde nach Lösung der Stauung an und zwar in Mittelwerten aus den einzelnen Versuchsreihen, jeweils etwa 30 - 45 Messungen, im Wert von ccm je 15 Sekunden (ccm je 1 Minute). Um einen genaueren Überblick zu erhalten wurden die einzelnen Versuchsreihen unterteilt und zwar in jeweils zwei Hälften für die Ergebnisse vor und nach Venostasininjektion.

In der untersten Spalte sind die Mittelwerte aus allen Reihen angegeben, sowie der in Prozenten errechenbare Änderungswert der Ergebnisse nach Venostasininjektion.

Tabelle 4

	1.Hälfte o.V. ccm	2. Hälfte o.V. ccm	1.Hälfte m.V. ccm	2.Hälfte m.V. ccm	Mittel o.V. ccm	Mittel m.V. ccm	Differenz o.V. - m.V. %
V.1	47,54 (190,17)	47,67 (190,71)	55,43 (221,75)	40,70 (162,7)	47,60 (190,5)	48,06 (192,25)	
V.2	20,78 (83,12)	28,82 (115,30)	27,81 (111,25)	29,40 (117,5)	24,85 (99,21)	28,59 (114,37)	
V.3	32,79 (131,16)	36,07 (144,30)	35,51 (141,25)	29,08 (116,33)	34,50 (138,0)	32,10 (128,5)	
V.5	38,80 (146,7)	40,20 (161,5)	43,75 (175,0)	66,90 (267,5)	38,85 (153,4)	53,0 (212,0)	
V.6	26,70 (106,8)	45,80 (183,22)	55,65 (226,0)	41,70 (166,8)	35,14 (140,65)	49,85 (199,40)	
V.7	48,88 (193,33)	45,58 (172,33)			45,71 (182,83)		
V.8	17,29 (69,19)	36,68 (146,71)			26,17 (104,70)		
Mittel	33,25 ccm/15sek.	40,11 ccm/15sek.	43,59 ccm/15sek.	41,55 ccm/15sek.	36,66 ccm/15sek.	42,57 ccm/15sek.	+ 16,25
Kranker	33,32	40,11	43,64	40,95	36,19	42,32	
Gesunder	33,08	41,13			35,94		

Bei der Betrachtung dieser Tabelle kann man feststellen, daß das Rückstromzeitvolumen im Verlauf der ersten Rückstromsekunde nach Stauungslösung innerhalb der einzelnen Abschnitte der Versuchsreihen veränderlich ist. Es nimmt

in der zweiten Hälfte der Versuchsreihen o.V. zu, steigert sich noch einmal in der ersten Hälfte der Versuchsreihen m.V. und nimmt in der zweiten Hälfte der Versuchsreihen m.V. wieder etwas ab, bleibt aber immer noch über dem Wert der zweiten Hälfte o.V.

In der zweiten Hälfte der Versuche o.V. nimmt das Rückflußzeitvolumen zu, dagegen nimmt es in der zweiten Hälfte der Versuche m.V. ab.

Vergleicht man das Mittelergebnis aus allen Versuchen, so ergibt sich, daß innerhalb der ersten Sekunde nach Stauungslösung m.V. ein Ansteigen des Rückstromzeitvolumens stattfindet und zwar um etwa 16% gegenüber den Verhältnissen o.V. In diesem Zusammenhang wird auf Tabelle 8 hingewiesen, aus der die Streuungsbreite des Untersuchungsgerätes ersichtlich ist. Da nun die Steigerung von 16% sicher innerhalb der Streuungsbreite bzw. der Fehlergrenze des Gerätes liegt, ist ihr keine große Bedeutung zuzumessen.

Ausflußgeschwindigkeit vor und nach Venostasinverabreichung und ihre Beziehung zum Einstauvolumen, errechnet nach den Ergebnissen der ersten beiden Rückstromsekunden

Tabelle 5

Die Tabelle gibt das Ausflußzeitvolumen innerhalb der ersten beiden Sekunden nach Lösung der Stauung an und zwar in Mittelwerten aus den einzelnen Versuchsreihen im Wert von ccm je 15 Sekunden (ccm je eine Minute). Um einen genaueren Überblick zu erhalten, wurden die einzelnen Versuchsreihen unterteilt und zwar in jeweils zwei Hälften für die Ergebnisse vor und nach Venostasininjektion. In der untersten Spalte sind die Mittelwerte aus allen Reihen angegeben, sowie der in Prozenten errechenbare Änderungswert der Ergebnisse nach Venostasininjektion.

Tabelle 5

	1.Hälfte o.V.	2.Hälfte o.V.	1.Hälfte m.V.	2.Hälfte m.V.	Mittel o.V.	Mittel m.V.	Diff. o.V.-m.V.
V.1	26,95 (107,8)	29,09 (116,15)	30,12 (120,5)	22,78 (91,12)	27,27 (109,1)	26,44 (105,75)	
V.2	13,94 (55,78)	17,50 (70,0)	16,40 (65,62)	18,15 (72,62)	15,52 (62,1)	17,28 (69,12)	
V.3	13,82 (55,3)	12,58 (50,35)	11,35 (45,42)	10,25 (41,0)	13,20 (52,82)	10,98 (43,57)	
V.5	25,20 (100,81)	27,30 (109,21)	24,0 (96,0)	31,88 (127,5)	26,18 (104,73)	27,15 (108,6)	
V.6	28,40 (113,5)	28,81 (115,25)	28,59 (114,38)	29,10 (116,4)	28,61 (113,25)	28,75 (115,0)	
V.7	24,75 (97,0)	28,84 (115,33)			26,21 (104,85)		
V.8	34,74 (137,8)	53,42 (213,67)			43,87 (175,50)		
Mittel	23,93 ccm/15sek.	28,21 ccm/15sek.	22,09 ccm/15sek.	32,43 ccm/15sek.	26,07 ccm/15sek.	22,26 ccm/15sek.	- 1,47%
Kranker	20,06	23,05	22,09	32,43	22,17	22,26	
Gesunder	29,60	41,13			35,04		

Innerhalb der ersten beiden Rückflußsekunden wird eine Verringerung des Rückstromzeitvolumens beobachtet. Anstelle von durchschnittlich 36,6 ccm/sec.o.V. bzw. 42,57 ccm/sec. m.V. innerhalb der ersten Rückflußsekunde ist hier nur ein solches von 26,07 ccm/15 sec. o.V. bzw. 22,26 ccm/15 sec. m.V. im Durchschnitt feststellbar. Entgegen den Beobachtungen innerhalb der ersten Rückflußsekunde stellen wir nach Venostasinverabfolgung keine Vergrößerung des Rückflußzeitvolumens fest. Während letzteres von 23,93 ccm/15 sec. in

der ersten Hälfte der Versuche o.V. auf 28,21 ccm/15 sec. in der zweiten Versuchshälfte ansteigt, sinkt es m.V. zunächst auf 22,09 ccm/15 sec. ab, um in der zweiten Versuchshälfte m.V. einen Mittelwert von 22,43 zu erreichen. Insgesamt ist im Verlauf dieser Versuchsauswertung nach der Venostasininjektion ein Rückgang des Rückstromzeitvolumens um etwa 1,47% zu verzeichnen.

Ausflußgeschwindigkeit vor und nach Venostasinverabreichung
und ihre Beziehung zum Einstauvolumen, errechnet aus den
Ergebnissen der ersten drei Rückstromsekunden

Tabelle 6

	1.Hälfte o.V.	2.Hälfte o.V.	1.Hälfte m.V.	2.Hälfte m.V.	Mittel o.V.	Mittel m.V.	Diff. o.V.- m.V.
V.1	19,0 (76,0)	20,12 (80,50)	18,62 (74,47)	17,20 (68,82)	19,56 (78,25)	17,90 (71,62)	
V.2	14,0 (56,0)	16,31 (65,24)	16,25 (65,00)	17,68 (70,75)	15,15 (60,62)	16,97 (67,87)	
V.3	8,46 (33,86)	8,80 (15,23)	10,05 (40,22)	8,42 (33,66)	8,64 (34,55)	9,23 (36,94)	
V.5	16,87 (67,5)	18,08 (72,54)	15,12 (61,5)	19,00 (76,0)	17,47 (69,9)	17,18 (68,75)	
V.6	17,34 (69,37)	18,87 (75,5)	17,97 (71,9)	18,00 (72,12)	18,12 (72,47)	18,00 (72,0)	
V.7	14,55 (58,3)	17,87 (71,5)			16,27 (65,1)		
Mittel	14,53 ccm/15sek.	16,67 ccm/15sek.	15,60 ccm/15sek.	16,05 ccm/15sek.	15,60 ccm/15sek.	15,81 ccm/15sek.	+ 1,5%
Kranker	15,13	16,43	15,60	16,05	15,80	15,81	
Gesunder	14,15	17,87			16,27		

Versuchsreihe 8 kann in diesem Falle nicht ausgewertet werden, weil der Hauptrückstrom - es handelt sich um einen gesunden Probanden - bereits nach zwei Sekunden abgeschlossen war.

Die Ergebnisse der Auswertung der ersten drei Rückstromsekunden nach Lösung der Stauung geben reine Mittelwerte aus dem gesamten Verlauf des Hauptrückstromes an, denn nach

dreißig Sekunden ist das Hauptvolumen des eingestauten Blutes im allgemeinen wieder in den Kreislauf zurückbefördert. Demgemäß liegen die Werte der Rückflußzeitvolumina unter denjenigen der ersten oder zweiten Rückstromsekunde. Im großen und ganzen ergibt sich das gleiche Bild wie bei den Auswertungsergebnissen der zweiten Rückflußsekunde.

Das Rückstromzeitvolumen nimmt in der zweiten Hälfte der Versuchsreihen o.V. zu, sinkt nach Venostasingabe während der ersten Hälfte der Versuchsreihen ab, um dann in der zweiten Hälfte dieser Reihen wieder anzusteigen. Im Durchschnitt nimmt das Blutrückstromzeitvolumen nach Venostasininjektion um etwa 1,5% zu.

Nach Venostasininjektion tritt eine scheinbar größere Aufnahmebereitschaft an Staublut auf, weswegen in der ersten Hälfte m.V. das Rückstromzeitvolumen wieder geringer wird, um nach erneuter Füllung des Blutreservoirs der gestauten Extremität wieder abzusinken.

Zwischen Kranken und Gesunden bestehen, bezogen auf die Zu- oder Abnahme während der einzelnen Beobachtungszeiten keine wesentlichen Unterschiede.

Durchschnittsrückstromwerte nach Stauungslösung

Tabelle 7

	Mittelwert o.V.	Mittelwert n.V.	Differenz
1. Rückflußsekunde	33,66	42,57	+ 6,91
1. und 2. Rückflußsekunde	26,07	22,26	- 4,81
1.-3. Rückflußsekunde	15,60	15,81	+ 0,21

Obige Gegenüberstellung zeigt ebenfalls, daß nach Venostasin-Verabreichung das Rückstromzeitvolumen ein wenig

ansteigt und zwar um 2,31 ccm/15 sek.

In der ersten Sekunde nach Stauungslösung fließt m.V. um 6,91 ccm/15 sek. mehr Blut zurück als o.V., während im Verlauf der ersten zwei Sekunden m.V. ein Minus gegenüber o.V. in Höhe von 4,81 ccm/15 sek. festzustellen ist. Das heißt, daß m.V. unmittelbar nach einem erhöhten Initialausstoß der zusätzlich eingestauten Blutmenge ein Absinken des Rückstromzeitvolumens unter den Wert der Versuchsergebnisse o.V. stattfindet. Im Verlauf von drei Rückstromsekunden gleichen sich die Rückstromzeitvolumina wieder aus.

Vergleicht man die geringen Schwankungen der Mittelwerttabellen mit der Streuungsbreite der Einzelwerte aus den Versuchsreihen, so ergibt sich folgendes:

Streuungenbreiten aus drei Versuchsreihen

Tabelle 8

	Größte Streuung +	Größte Streuung -	Streuungenbreite
V.1 1.Sek.	96,6	50,48	
2.Sek.	33,27	30,73	
3.Sek.	15,10	21,90	
V.2 1.Sek.	220,0	123,5	
2.Sek.	25,62	17,38	
3.Sek.	35,53	26,47	
V.3 1.Sek.	40,0	30,0	
2.Sek.	12,18	8,62	
3.Sek.	7,95	8,05	
Durchschnitt	54,2	31,9	86,1

Bei der Gegenüberstellung obiger Ergebnisse mit den aus den vorhergegangenen Tabellen bekannten geringfügigen Differenzen zwischen den Ein- und Ausströmverhältnissen vor und nach Venostasinverabreichung, die meist in der Größenordnung von Einern, ja manchmal nur von 10^{-1} oder gar von 10^{-2} liegen, so erkennt man, daß die Methode als solche nicht als geeignet für derartige Untersuchungen anzusehen ist.

Aber noch eine andere Überlegung läßt die Untersuchungsmethode fraglich erscheinen: In die untere Extremität strömen in Ruhe pro Minute etwa 300 ccm Blut ein, d.h. in einer Stunde etwa 20 Liter oder innerhalb von 12 Stunden in Ruhe 240 Liter Blut. Wenn andere Bedingungen, wie z.B. angestrenktes Gehen vorliegen, kann die 10fache Menge des Ruheblutstromvolumens einfließen, d.h. in der Stunde maximal 200 bis 240 Liter. Dieses Blutstromvolumen kann beim Gesunden und beim Varizenpatienten nicht wesentlich unterschiedlich sein, weil sonst der Varizenträger sehr bald beim Gehen eine Sauerstoffschuld in seiner Beinmuskulatur einginge, die sich in Form von intermittierendem Hinken kundtun müßte. Da dies nicht der Fall ist, muß also beim Varizen-träger gleich viel Blut der tätigen Muskulatur zugeführt werden wie beim Gesunden.

Es sei einmal angenommen, daß ein Varizenträger im Verlauf eines Arbeitstages einen Liter Blutflüssigkeit in seinem Bein staut. Das würde bedeuten, daß bei einem täglichen Ruheblutstromvolumen von 240 Litern Blut nur ein Liter oder 0,4% nicht zurückgeströmt sind. Es gibt kaum eine Methode, die so empfindlich arbeiten könnte, daß sie die Differenz des Blutrückstromes vom Gesunden zum Kranken, die nach dieser Rechnung etwa 0,4% beträgt, erfassen könnte. Diese Rechnung allein ergibt, daß mit Messungen des venösen Rückstromvolumens beim Menschen keine Aussagen gemacht

werden können über die Qualität der venösen Rückstromverhältnisse, demnächst Endes fließt praktisch immer so viel Blut zurück wie einströmt, wenn bei einem Durchstrom von 240 Litern im Tag nur ein Liter retiniert wird. Auch beim Varizenträger stellt sich schließlich ein Gleichgewicht ein, das praktisch nicht mehr Blut einströmen läßt, als auch wieder zurückströmen kann.

Interessant ist in diesem Zusammenhang, daß im Grunde zwischen Kranken und Gesunden kein Unterschied besteht in der Menge Blutes, die durch eine venöse Stauung im Oberschenkel zusätzlich in die Wade temporär eingestaut werden kann. Daraus ist zu schließen, daß beim Varizenpatienten beim Stehen das Venenbett noch nicht maximal erweitert sein kann. Es besteht immer noch eine gewisse Elastizität, die wohl der von gesunden Venen entspricht. Dies kann aus der Gleichwertigkeit der Einstau- und Rückstromergebnisse gefolgert werden.

Kritische Betrachtung der einzelnen Geräteteile

1. Schwimmergehäuse und Kymographion

Im Grundprinzip ist die Anordnung richtig, jedoch müssen die schwingenden Teile leichter gemacht werden. Eine Dämpfung der schwingenden Teile ist anzustreben.

Die Schreibvorrichtung muß einwandfrei arbeiten, damit nicht durch Fehler in der Tintenzuführung unauswertbare Kurven entstehen.

2. Schaltmechanismus und Dreiwegehahn

Das Schlauchsystem muß so kurz wie möglich gehalten werden, die verwendeten Schläuche sollten starke Wandungen und nicht zu kleine lichte Weiten haben.

Der Dreiwegehahn ist als Umschaltmittel gut zu verwenden. Ein Nachteil ist allerdings die Bedienung von Hand. Es ist unmöglich, immer in der gleichen Zeiteinheit den Hahn zu drehen. Durch diese Ungenauigkeit wird zumindest in der ersten Abfallzeit ein unrichtiges Bild erzeugt. Eine elektrische Umschaltung wäre besser.

3. Meßstiefel mit Gummistrumpf

An der Form des Meßgefäßes selbst muß keine Änderung vorgenommen werden. Gummistrümpfe müssen in verschiedenen Ausführungen vorliegen, damit Patienten mit verschiedenen langen und unterschiedlich starken Extremitäten jeweils passend versorgt werden.

Die Anfertigung eines Gummistrumpfes ist schwierig und verlangt viel Mühe und Sorgfalt.

4. Einlassen von Preßluft in die Manchette

Auch dieser Vorgang wird durch den Dreiwegehahn gesteuert. Hier ist die menschliche Ungenauigkeit nicht so störend wie beim Ablassen der Luft. Es ist zu beachten, daß der Durckluftausgleichsbehälter genau nach dem ermittelten Wert gefüllt wird. Je nach Anlageart der Manchette ist der benötigte Luftvorrat und damit der Luftdruck verschieden und muß bei jedem Probanden neu ermittelt werden. Bei uns lagen die Luftdruckwerte im Mittel bei 124 mm Hg-Säule vor Beginn der Stauung.

5. Meßfehler, die sich aus der Hydrostatik ergeben

Nach Stevin ist der Bodendruck einer Flüssigkeit abhängig von der Höhe der über dem Boden des Gefäßes stehenden Flüssigkeitssäule, nicht aber von deren Form. Diese Tatsache wird auch hydrostatisches Paradoxon genannt (Pascal).

Die Kraft des Seitendruckes auf einen Teil der Gefäßwandung ist gleich der Druckkraft einer Flüssigkeitssäule, die die gedrückte Fläche zur Grundfläche und die Entfernung der Oberfläche vom Schwerpunkt der gedrückten Fläche zur Höhe hat. Der Seitendruck ist jedoch nur ein Ausfluß der Tatsache der allseitigen Ausbreitung des Druckes in Flüssigkeiten. Dieser Druck ist an der selben Stelle nach unten, nach oben und nach der Seite gleich groß.

Bezogen auf unsere Versuche heißt das aber, daß auf die in den Meßstiefel eingetauchte Extremität proportional zu ihrer Eintauchtiefe allseitig ein zunehmender Druck ausgeübt wird. Bei einer Eintauchtiefe der Knöchelgelenke, z.B. von 30 cm, wirkt dort ein Druck von 30 Gramm je qcm Haut. Nehmen wir an, der Abstand vom Knöchel bis zur Sohle betrage 8 cm, so würde dort bereits ein Druck von 38 Gramm je qcm Haut wirken, während an der Wade ein wesentlich geringerer Druck vorherrscht.

Dieser Wasserdruck hat ein Zusammenquetschen der Extremität zur Folge in der Art, daß er dem Blutdruck entgegenwirkt und ein normales Einströmen von Blut, wenn auch in geringem Maße, stört. Andererseits verhilft er nach aufgehobener Stauung zu einem schnelleren Rückfluß. Meßfehler durch beide Faktoren sind auf jeden Fall vorhanden, mögen sie auch noch so gering sein.

Sie nehmen dadurch zu, daß bei der von uns benutzten Anordnung der - durch das im Überschuß einströmende Blut hervorgerufene - Überschuß an Wasser in einen nach oben führenden Übertragungsschlauch verdrängt wird und , weil dieser Schlauch ein verhältnismäßig kleines Lumen hat, dort ziemlich hoch ansteigt. Nehmen wir an, der Schlauch habe eine lichte Weite von einem halben Quadratzentimeter und es würden im Verlaufe der Stauung vier Kubikzentimeter Wasser verdrängt, so hätten wir eine Erhöhung der Wassersäule um 8 cm, so daß bei obigem Beispiel an der Sohle nicht mehr 28 Gramm je qcm Druck vorherrschen sondern schon 46 Gramm je Flächeneinheit. Hierdurch entstehen kontinuierlich Meßfehler, die nicht genau erfaßbar sind. Sie können eventuell verkleinert werden, wenn man das Lumen des Übertragungsschlauches im ersten Teil etwas vergrößert oder ihn nicht senkrecht sondern schräg nach oben führt.

6. Fehler, die durch den Patienten hervorgerufen werden

Verschiedenerlei Meßfehler ergeben sich durch das Verhalten der Probanden selbst:

- a) Als Reaktion auf die zunehmende Stauung beginnt der Proband fast immer seine Standbeinmuskulatur in zunehmendem Maße zu kontrahieren. Dies ergibt im Anzeigegerät deutlich sichtbare Schwankungen. Manchmal erfolgt eine Muskelbewegung zur Aufrechterhaltung des Gleichgewichtes, was ebenfalls Verzeichnungen im

Kurvenbild zur Folge hat. Abhilfe wird durch alleinige Belastung des zu untersuchenden Beines versucht, ein voller Erfolg wird dabei nicht erzielt.

- b) Eine weitere Störung wird durch die zunehmende Füllung des Beines mit Restflüssigkeit hervorgerufen, wobei nicht festzustellen ist, ob es sich um Restblut innerhalb des vasalen Systems oder um extravasale Gewebsflüssigkeit handelt. Wir führten diese Erscheinung einerseits darauf zurück, daß die erkrankte Extremität im Verlauf der Messungen sich bis zu einem Maximum füllt, dann aber nicht mehr die Möglichkeit besitzt, durch die Elastizität der Gewebe und deren Spannung das gesamte, im Überfluß vorhandene Blut zurückzuführen, andererseits darauf, daß die Patienten aus dem Bett kamen und während der Liegezeit die Extremitäten mehr als beim stehenden Patienten geleert waren.

Zum anderen ist es aber auch möglich, daß ein völliger Rücktransport der Flüssigkeit durch die relative Untätigkeit der Muskulatur während der stundenlangen Meßvorgänge verhindert wird, während durch die Muskelbewegung, z.B. beim Gehen, der Rückfluß von Blut erleichtert und beschleunigt wird.

Hierfür spricht die Beobachtung, daß bei einem gesunden Probanden, der vor Beginn der Messungen mehrere Kilometer zu Fuß gelaufen ist, auch ohne Bewegung während des Meßvorganges alles Blut in kürzester Zeit zurückfließt.

Zusammenfassung der Versuchsergebnisse

Nach Auswertung der Versuchsreihen unter den verschiedenen angeführten Aspekten läßt sich folgendes erkennen:

Nennenswerte Ergebnisse können mit dem vorbeschriebenen Gerät nicht erzielt werden. Eine quantitative Auswertung zur Überprüfung des Medikamentes Venostasin ist auf dem von uns beschrittenen Wege nicht möglich.

Geringe Verschiebungen der Werte, die bei oberflächlicher Betrachtung im Sinne einer Wirksamkeit von Venostasin gedeutet werden könnten, liegen weit innerhalb der Fehlerbreite der Methode.

Es ist unmöglich auf diesem Wege das innerhalb von drei Sekunden bis auf kleinste Reste zurückfließende Staubblutvolumen auswertbar zu erfassen.

Bei unseren Untersuchungen handelt es sich um einen Versuch, der grundsätzlich klären sollte, ob mit Hilfe der Venenplethysmographie am stehenden Probanden qualitative und quantitative Unterschiede in Bezug auf den Blutrückstrom gefunden werden können. Die Untersuchungen und theoretischen Überlegungen jedoch zeigen, daß Unterschiede nur mit subtilsten messenden Geräten und Methoden erfaßt werden können.



ABCA

- + = Stauungsbeginn
- = Stauungslösung
- = Beendigung des Hauptrückstromes
- = Ende des Versuches, 30 Sekunden nach Stauungslösung

Helmut L e u
Zahnarzt
München 25, Ludwigshöherstr.12

23.August 1959

L e b e n s l a u f

Ich wurde am 1.11.1918 in München geboren. Vater Direktor Rudolf L e u , gest.19.6.1935. Mutter Pauline, geb.Schmidt. Nach vierjährigem Besuch der Volksschule an der Boschetsriederstraße in München trat ich im Jahre 1929 in das humanistische Theresiengymnasium in München ein, wo ich im Frühjahr 1937 das Abitur mit Hochschulreife bestand. Anschließend Reichsarbeitsdienst bis Ende Oktober 1937. Vom 1.11.1937 bis Ende März 1938 an der Technischen Hochschule München, Fachrichtung Maschinenbau. Vom Herbst 1938 bis Frühjahr 1945 Militärdienst. Kriegsbeschädigung bei Entlassung 75%. Im Wintersemester 1941/42 Studium an der Technischen Hochschule, Fachrichtung Bauwesen. Vom Frühjahr 1945 bis Herbst 1945 als Maurer bei verschiedenen Baufirmen beschäftigt. Anschließend bis zum Frühjahr 1946 Wiederaufbaudienst an der Technischen Hochschule München. Vom Frühjahr 1946 bis Frühjahr 1949 Studium der Zahnheilkunde an der Universität München. 1,5 Jahre Leiter der Fachschaft Zahnmedizin. Vorprüfung am 24. April 1947 bestanden, Staatsexamen am 4. März 1949 bestanden. Die Approbation als Zahnarzt wurde am 2. April 1949 erteilt. Von März 1949 bis September 1950 Assistent bei verschiedenen Zahnärzten. Am 1. Oktober 1950 Niederlassung als praktischer Zahnarzt in München, Ludwigshöherstraße 12. 1951 erfolgte die Zulassung zu den Ersatzkassen, 1952 Zulassung zu den RVO-Kassen. Im Mai 1955 Verlegung der Praxis nach München 15, St. Paulsplatz 2.

Verheiratet seit November 1943 mit Helga, geb. Ellerkamp. Von dieser geschieden im November 1955. Die aus dieser Ehe stammenden drei Kinder, Michael, geb.1944, Marion, geb. 1946, Kristofer, geb. 1947, wurden mir zugesprochen und leben bei mir. Wiederverheiratung im Dezember 1955 mit Elisabeth, geb. Sanner. Die aus deren erster Ehe stammende Tochter lebt ebenfalls bei mir.

